

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. April 2001 (05.04.2001)

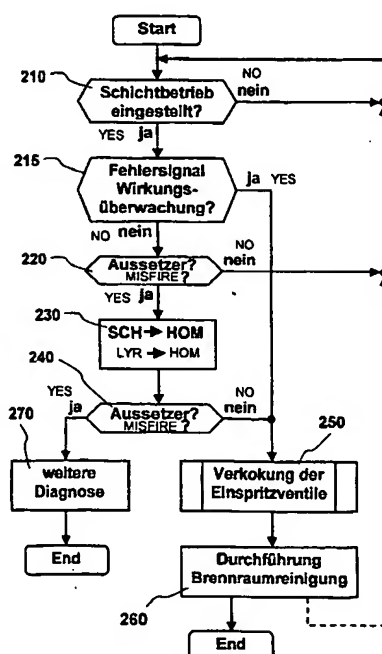
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/23734 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/14 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): UHL, Stephan [DE/DE]; Gablonzer Weg 3, D-71696 Möglingen (DE).  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02950 ROTH, Andreas [DE/DE]; Muehlackerstrasse 108,  
D-75417 Muehlacker-Lomersheim (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 30. August 2000 (30.08.2000) (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, RU, US.  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: Veröffentlicht:  
199 45 813.8 24. September 1999 (24.09.1999) DE — Mit internationalem Recherchenbericht.  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
20, 70442 Stuttgart (DE). Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE



210...SET TO LAYERED MODE?  
215...FAULT SIGNAL PERFORMANCE  
MONITORING?  
270...FURTHER DIAGNOSIS  
250...COKING OF INJECTION VALVES?  
260...COMBUSTION CHAMBER CLEANED

(57) Abstract: The operation of internal combustion engines in unfavorable operating conditions can cause deposits to form in the combustion chamber (4). The invention relates to a method and a device for operating an internal combustion engine (1), especially an internal combustion engine of a motor vehicle, and provides that fuel is guided into a combustion chamber (4) where it is combusted, and that if deposits are identified in said combustion chamber, specific measures are taken to clean the combustion chamber (4). In particular, knocking combustion is initiated and/or a cleaning fluid is added to the induced combustion air.

(57) Zusammenfassung: Das Betreiben von Brennkraftmaschinen bei ungünstigen Betriebsbedingungen kann dazu führen, dass sich Ablagerungen im Brennraum (4) bilden. Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgeschlagen, bei dem Kraftstoff in einen Brennraum (4) geleitet und dort verbrannt wird, wobei bei Erkennen von Ablagerungen im Brennraum (4) gezielt Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4) eingeleitet werden, wobei insbesondere eine klopfende Verbrennung herbeigeführt und/oder eine Reinigungsflüssigkeit der angesaugten Verbrennungsluft zugesetzt wird.

WO 01/23734 A1

5

## Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

### Stand der Technik

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff in einen Brennraum geleitet und dort verbrannt wird.

15

Das Betreiben von Brennkraftmaschinen bei ungünstigen Betriebsbedingungen kann dazu führen, dass sich Ablagerungen im Brennraum bilden. Insbesondere bei Brennkraftmaschinen mit direkter Kraftstoffeinspritzung können sich insbesondere auf den Einspritzventilen bzw. auf der Spitze oder in der Spitze der Einspritzventile Ablagerungen bilden, die sich ungünstig auf die Strahlaufbereitung und damit auf die Verbrennung auswirken können. In der Regel spricht man von einer Verkokung der Einspritzventile.

20

25

Aus der DE 198 28 279 A1 ist eine elektronische Steuereinrichtung bekannt, mittels der eine Gleichstellung der zylinderindividuellen Drehmomentenbeiträge bei einem mehrzylindrigen Verbrennungsmotor durchgeführt werden kann.

30

Hierbei werden zur Angleichung der zylinderindividuellen Drehmomentenbeiträge beispielsweise die eingespritzte Kraftstoffmenge, der Zündzeitpunkt (beim Ottomotor), die Abgasrückführrate oder die Einspritzlage variiert. Die Bestimmung der zylinderindividuellen Drehmomentenbeiträge kann durch die Auswertung des zeitlichen Verlaufs der

35

Drehbewegung der Kurbel- oder Nockenwelle erfolgen, wobei einzelne Segmentzeiten erfaßt werden. Alternativ können Laufunruhwerte, die für die Verbrennungsaussetzererkennung ohnehin im Steuergerät gebildet werden, genutzt werden. Ziel der Zylindergleichstellung ist es, die Laufunruhwerte mit einem Regelkonzept zu minimieren. Abhängig vom erkannten Muster und vom Betrag der einzelnen gefilterten und ungefilterten Laufunruhwerte können am Motor entsprechende Eingriffe vorgenommen werden. Insbesondere bei einem Motor mit Direkteinspritzung kann eine Einspritzventilverkokung ein zu niedriges Moment des entsprechenden Zylinders hervorrufen. Der entsprechende Zylinder läuft in diesem Fall zu mager. Hauptbestandteile der Regelfunktion sind entsprechend der DE 198 28 279 A1 zylinderindividuelle PI-Regler.

Die noch nicht vorveröffentlichte deutsche Patentanmeldung DE 100 09 065.6 beschreibt ein Verfahren und eine Einrichtung zur Wirkungsüberwachung einer Zylindergleichstellungsregelung. Entsprechend der Beschreibungseinleitung besteht ein besonderer Bedarf bei einem direkt einspritzenden Otto-Motor. Hier kann, verursacht durch eine geringe Toleranzverträglichkeit des Brennverfahrens im Schichtbetrieb und/oder durch Toleranzen der verwendeten Hochdruck-Einspritzventile bzw. in der Verteilung des Kraftstoffes auf die einzelnen Zylinder, eine erhöhte Laufunruhe eintreten. Auch alterungsbedingte Änderungen der Durchflußcharakteristik der Hochdruck-Einspritzventile können eine Rolle spielen. Im Rahmen der DE 100 09 065.6 wird vorzugsweise der Drehmomentbeitrag (Ist-Moment) eines Zylinders relativ zu seinem Zündungsvorgänger, d.h. keine Absolutmomentenbestimmung, über eine Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Kurbel- oder Nockenwellendrehung erfaßt. Verbesserungen im Bereich der Zylindergleichstellung werden dadurch erreicht, dass

eine Wirkungsüberwachung für die  
Zylindergleichstellungsregelung vorgesehen ist und dass bei  
Störungen im Bereich der Zylindergleichstellungsregelung ein  
entsprechendes Fehlersignal erzeugt wird. Die  
5 Wirkungsüberwachung erfolgt derart, dass die  
zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge nach einem  
erfolgten Zylindergleichstellungsregelungseingriff  
dahingehend überprüft werden, ob die Regelung Wirkung zeigt.  
Ist die Wirkung nicht in dem Maße eingetreten, wie  
10 gewünscht, wird sukzessive die Regelkreisverstärkung der  
zylinderindividuellen PI-Regler bis zu einem vorgebbaren  
Endwert reduziert. Die Regelung arbeitet hierdurch robuster,  
aber auch dynamisch langsamer, was in Kauf genommen wird.  
Stellt sich auch nach Einstellung der PI-Regler auf den  
15 vorgegebenen Endwert nicht die gewünschte Wirkung ein, wird  
ein Fehlersignal erzeugt.

Die Offenbarung der letztgenannten deutschen Patentanmeldung  
DE 100 09 065.6 soll ausdrücklich in diese Anmeldung mit  
20 einbezogen sein.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein  
Verfahren der gattungsgemäßen Art zu schaffen, mit dem auf  
einfache Weise Ablagerungen in den Brennräumen der  
25 Brennkraftmaschine erkannt und entfernt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird mit den  
Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

### 30 Vorteile der Erfindung

Der besonders große Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt  
darin, dass mit einfachen Mitteln der Brennraum über die  
gesamte Lebensdauer der Brennkraftmaschine frei von

Ablagerungen gehalten werden kann, wodurch immer optimale Bedingungen für eine gute Verbrennung gegeben sind.

5 Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass durch die Wassereinspritzung die Verbrennungstemperatur abgesenkt wird und damit verbunden auch die NOx-Emission geringer wird. Weiterhin wird durch den Wasserdampfdruck des aufgrund der hohen Temperatur im Brennraum verdampften Wassers der thermodynamische Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine  
10 verbessert.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich in Verbindung mit den Unteransprüchen aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

15 Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher  
20 erläutert.

Die Figur 1 zeigt schematisch eine Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Steuergerät,

25 die Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens und

30 die Figur 3 zeigt schematisch eine Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Steuergerät und mit einer Vorrichtung mit der Wasser oder eine beliebige andere Reinigungsflüssigkeit der angesaugten Verbrennungsluft zugesetzt werden kann.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In der Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin und her bewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, an den über Ventile 5 ein Ansaugrohr 6 und ein Abgasrohr 7 angeschlossen sind. Des Weiteren sind mit Brennraum 4 ein mit einem Signal TI ansteuerbares Einspritzventil 8 und eine mit einem Signal ZW ansteuerbare Zündkerze 9 verbunden. Die Signale TI und ZW werden hierbei von einem Steuergerät 16 an das Einspritzventil 8 bzw. die Zündkerze 9 übertragen.

Das Ansaugrohr 6 ist mit einem Luftmassensensor 10 und das Abgasrohr 7 mit einem Lambda-Sensor 11 versehen. Der Luftmassensensor 10 mißt die Luftmasse der dem Ansaugrohr 6 zugeführten Frischluft und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal LM. Der Lambda-Sensor 11 mißt den Sauerstoffgehalt des Abgases in dem Abgasrohr 7 und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal Lambda. Die Signale des Luftmassensensors 10 und des Lambda-Sensors 11 werden dem Steuergerät 16 zugeführt.

In dem Ansaugrohr 6 ist eine Drosselklappe 12 untergebracht, deren Drehstellung mittels eines Signals DK einstellbar ist.

In einer ersten Betriebsart, dem Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 12 weit geöffnet. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 9 der Kraftstoff entzündet, so dass der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

In einer zweiten Betriebsart, dem Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 12 in Abhängigkeit von der erwünschten, zugeführten Luftmasse teilweise geöffnet bzw. geschlossen. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit im Brennraum 4 im wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff-/Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 9 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

Im Schichtbetrieb wie auch im homogenen Betrieb wird durch den angetriebenen Kolben eine Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt, über die letztendlich die Räder des Kraftfahrzeugs angetrieben werden. Auf der Kurbelwelle 14 ist ein Zahnrad 16 angeordnet, dessen Zähne von einem unmittelbar gegenüber angeordneten Drehzahlsensor 15 abgetastet werden. Der Drehzahlsensor 15 erzeugt ein Signal, aus dem die Drehzahl N der Kurbelwelle 14 ermittelt wird und übermittelt dieses Signal an das Steuergerät 16.

Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb von dem Einspritzventil 8 in den Brennraum eingespritzte Kraftstoffmasse wird von dem Steuergerät 16 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 16 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Read Only Memory (ROM) ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die gesamte Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine 1 durchzuführen.

Das Steuergerät 16 ist von Eingangssignalen beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Luftmassensensor 10, dem Lambda-Sensor 11 und dem Drehzahlsensor 15 verbunden. Des Weiteren ist das Steuergerät 16 mit einem Fahrpedalsensor 17 verbunden, der ein Signal FP erzeugt, dass die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals und damit das von dem Fahrer angeforderte Moment angibt. Das Steuergerät 16 erzeugt Ausgangssignale, mit den über Aktoren das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 entsprechend der erwünschten Steuerung und/oder Regelung beeinflusst werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Einspritzventil 8, der Zündkerze 9 und der Drosselklappe 12 verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale TI, ZW und DK.

Die Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere für eine Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung.

Der in der Figur 2 beschriebene Schritt 215, in dem die Wirkung der Zylindergleichstellungsregelung abgefragt wird, basiert beispielsweise auf dem in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 100 09 065.6 beschriebenen Verfahren zur Wirkungsüberwachung einer Zylindergleichstellungsregelung. Die hierzu notwendigen Eingangsdaten werden von dem Drehzahlsensor 15 an das Steuergerät 16 geliefert, welches auf dieser Grundlage die Ansteuerung/Anpassung der zylinderindividuellen Drehmomentenbeiträge vornimmt. Hierzu wird von dem Steuergerät 16 beispielsweise die eingespritzte Kraftstoffmenge (TI), der Zündzeitpunkt (ZW), die



Abgasrückführtrate (in Figur 2 nicht dargestellt) oder die Einspritzlage (TI) variiert.

5 Nach einem Start des Verfahrens wird in einem Schritt 210  
überprüft, ob Schichtbetrieb vorliegt. Solange kein  
Schichtbetrieb gegeben ist, wird diese Abfrage fortlaufend  
durchgeführt. Ist dagegen der Schichtbetrieb gegeben, wird  
in einem Schritt 215 überprüft, ob ein Fehlersignal der  
Wirkungsüberwachung vorliegt. Ist dies der Fall, die  
10 Zylindergleichstellung zeigt also keine Wirkung, wird direkt  
zum Schritt 250 übergegangen, der im folgenden noch  
eingehender beschrieben wird. Es wird somit unmittelbar auf  
eine Verkokung geschlossen. Stellt sich in Schritt 215  
hingegen heraus, dass die Wirkungsüberwachung der  
15 Zylindergleichstellung kein Fehlersignal erzeugt, so wird in  
Schritt 220 überprüft, ob in der Betriebsart Schichtbetrieb  
Verbrennungsaussetzer auftreten. Können keine  
Verbrennungsaussetzer festgestellt werden, so wird zu  
Schritt 210 zurückgesprungen. Werden dagegen  
20 Verbrennungsaussetzer erkannt, dann wird in einem Schritt  
230 mit Hilfe des Steuergeräts 16 von der Betriebsart  
Schichtbetrieb in die Betriebsart Homogenbetrieb  
umgeschaltet.

25 Im Schritt 240 wird wie bereits im Schritt 220 in der  
Betriebsart Homogenbetrieb geprüft, ob Verbrennungsaussetzer  
auftreten. Werden keine Verbrennungsaussetzer festgestellt,  
dann wird in einem Schritt 250 daraus geschlossen, dass die  
Einspritzventile verkocht bzw. sich Ablagerungen auf den  
30 Einspritzventilen gebildet haben.

Ablagerungen auf den Einspritzventilen können dazu führen,  
dass die bei der Benzindirekteinspritzung wichtige  
Strahlaufbereitung gestört wird. Es wird zwar noch annähernd  
35 die gleiche Kraftstoffmenge in den Brennraum 4 eingespritzt,

aber die Strahlform bzw. Strahlführung kann aufgrund der Ablagerungen verändert sein. Dies hat insbesondere im Schichtbetrieb negative Auswirkungen, da zum Zündzeitpunkt keine zündfähige Luft-/Kraftstoff-Wolke in der unmittelbaren Umgebung der Zündkerze 9 vorhanden ist, wodurch Verbrennungsaussetzer auftreten oder gar keine Verbrennung mehr stattfindet. Im Homogenbetrieb stört eine geringfügige Verkokung der Einspritzventile 8 wenig, da hier die Verbrennung nicht wesentlich von der Strahlführung des eingespritzten Kraftstoffs abhängt. Der Kraftstoff wird frühzeitig, bereits während der Ansaugphase eingespritzt, wodurch ausreichend Zeit für eine gleichmäßige Verteilung vorhanden ist.

In einem Schritt 260 werden Maßnahmen eingeleitet, um die Ablagerungen auf den Einspritzventilen 8 zu entfernen. Alternativ zu der in Figur 2 dargestellten Beendigung des Verfahrens kann nach dem Schritt 260 zu Schritt 210 zurückgesprungen werden, um zu überprüfen, ob die Maßnahmen zur Brennraumreinigung erfolgreich waren. Diese Alternative ist durch eine gestrichelte Linie angedeutet.

Als Maßnahme zur Entfernung von Ablagerungen kann beispielsweise eine klopfende Verbrennung herbeigeführt werden. Untersuchungen an Brennkraftmaschinen, die mit klopfender Verbrennung betrieben wurden, ergaben, dass diese Brennkraftmaschinen sehr sauberere Brennräume aufwiesen. Dieser Effekt wird in dieser Erfindung ausgenutzt.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch die klopfende Verbrennung Druckschwingungen erzeugt werden, die sich dem normalen Druckverlauf überlagern. Durch die zusätzlichen Druckschwingungen werden starke hochfrequente Vibrationen erzeugt, wodurch die Ablagerungen im Brennraum 4 und insbesondere auf den Düsen der Einspritzventile 8 entfernt

werden können. Die klopfende Verbrennung muß zeitlich begrenzt werden, um Schäden an der Brennkraftmaschine 1 zu vermeiden.

5 In Verbindung mit der klopfenden Verbrennung oder auch als selbständige Methode kann auch Wasser oder eine beliebige andere Reinigungsflüssigkeit der angesaugten Verbrennungsluft zugesetzt werden, wodurch ein ähnlicher  
10 Reinigungseffekt wie bei der klopfenden Verbrennung erzielt werden kann. Untersuchungen an Brennkraftmaschinen, bei denen Wasser in den Brennraum 4 z.B. über ein undichte Zylinderkopfdichtung eingedrungen oder auch zusätzlich eingespritzt wurde, ergaben, dass diese Brennkraftmaschinen  
15 immer besonders sauberere Brennräume aufwiesen. Dieser Effekt wird in dieser Erfindung ausgenutzt.

Nachdem die Brennraumreinigung durchgeführt wurde, wird wieder in den Schichtbetrieb umgeschaltet, um zu überprüfen, ob die Brennkraftmaschine 1 ohne Aussetzer läuft. Werden  
20 wieder Aussetzer festgestellt kann beispielsweise das Verfahren wieder neu gestartet werden.

Vorsorglich bzw. zur Vermeidung der Entstehung von Ablagerungen im Brennraum kann auch in vorbestimmten  
25 Zeitabständen eine klopfende Verbrennung durchgeführt und/oder Wasser der Luft zugesetzt werden.

Wurden in Schritt 240 auch im Homogenbetrieb Verbrennungsaussetzer erkannt, so wird in Schritt 270 ein  
30 weiteres Diagnoseverfahren gestartet. Die Verbrennungsaussetzer können in diesem Fall nicht mehr allein auf Ablagerungen auf den Düsen der Einspritzventile zurückzuführen sein. Beispielsweise können diese Verbrennungsaussetzer auch durch ein nicht mehr kontrolliert  
35 öffnendes Einspritzventil 8 oder eine defekte Zündkerze 9

verursacht sein. Eine Verkokung der Einspritzventile 9 kann in diesem Fall jedoch auch nicht ganz ausgeschlossen werden. Auf jeden Fall müssen die Ursachen für diese Verbrennungsaussetzer durch weitere Diagnoseverfahren weiter eingegrenzt werden. Eine entsprechende Abspeicherung der Fehler in einem Fehlerspeicher, kann bei späteren Reparaturarbeiten hilfreich sein, um eine genaue Diagnose zu erstellen.

Die Figur 3 zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Steuergerät 16, wie bereits in der Figur 1 abgebildet und mit einer Vorrichtung mit der Wasser oder eine beliebige andere Reinigungsflüssigkeit der Luft zugesetzt werden kann. Der Einfachheit halber wurden die Bezugszeichen der Figur 1 für gleiche Teile übernommen.

Ein Wasserbehälter 18 ist zusätzlich an der Brennkraftmaschine 1 angeordnet. Am Wasserbehälter 18 ist ein Ventil 19 angeordnet, das mit Hilfe des Steuergeräts 16 angesteuert werden kann. Das Ventil 19 ist mit einer Einspritzdüse 20 verbunden. Mit Hilfe der Düse 20 kann bei Betätigung des Ventils 19 Wasser direkt in das Ansaugrohr 6 gelangen.

Werden beispielsweise vom Steuergerät 16 Ablagerungen auf den Einspritzventilen 8 erkannt, so wird ein Signal WA erzeugt, mit dem das Ventil 19 angesteuert bzw. geöffnet wird. Aufgrund des Unterdrucks der in der Regel im Ansaugrohr 6 herrscht, wird nun bei geöffnetem Ventil 19 Wasser aus dem Wasserbehälter 18 durch das Ventil 19 und der Düse 20 in das Saugrohr 6 eingeleitet. Das Wasser im Saugrohr 6 gelangt beim nächsten Ansaugvorgang der Brennkraftmaschine 1 in den Brennraum 4. Dort vermischt sich das Wasser mit dem während des Einspritzvorgangs in den Brennraum 4 gelangenden Luft und Kraftstoff. Aufgrund der

hohen Temperatur im Brennraum 4 verdampft das Wasser sofort und trägt zur Reinigung des Brennraums bei.

Obwohl als Ausführungsbeispiel eine Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung (BDE) gewählt wurde, ist es durchaus möglich, dieses Verfahren in etwas modifizierter Weise auch auf andere Brennkraftmaschinen wie z.B. einer Diesel-Brennkraftmaschine oder einer Brennkraftmaschine mit Saugrohreinspritzung (SRE) anzuwenden.

Eine besondere Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist seine Realisierung in Form von einem Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln. Ein solches Computerprogramm kann auf einem Speichermedium, wie beispielsweise einer CD-ROM oder einem EPROM, gespeichert sein und ermöglicht es, wenn das Computerprogramm in einem Steuergerät (bzw. im allgemeinen ein beliebiger Computer) ausgeführt wird, dass die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte zur Brennraumreinigung eingeleitet werden. Auf diese Weise bietet sich für den Hersteller eines solchen Produkts eine einfache Möglichkeit, das Produkt an einen Kunden auszuliefern.

5

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1),  
10 insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff in  
einen Brennraum (4) geleitet und dort verbrannt wird,  
dadurch gekennzeichnet, dass über die Wirkungsüberwachung  
einer Zylindergleichstellung und/oder über eine  
Aussetzererkennung auf Ablagerungen im Brennraum (4)  
15 geschlossen wird und im Folgenden gezielt Maßnahmen zur  
Reinigung des Brennraums (4) eingeleitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1 in Verbindung mit einer  
direkteinspritzenden Brennkraftmaschine (1), bei dem  
20 Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer  
Ansaugphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer  
Kompressionsphase mit Hilfe von Einspritzventilen (8) direkt  
in Brennräume (4) der Brennkraftmaschine (1) gespritzt wird  
und bei dem fortlaufend eine Zylindergleichstellung mit  
25 Wirkungsüberwachung und/oder eine Aussetzererkennung  
durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei  
Vorliegen eines Fehlersignales der Wirkungsüberwachung auf  
eine Verkokung der Einspritzventile geschlossen wird oder  
bei Erkennen von Aussetzern während des Betriebs der  
30 Brennkraftmaschine (1) in der ersten Betriebsart,  
anschließend in die zweite Betriebsart umgeschaltet wird und  
wenn in der zweiten Betriebsart keine Aussetzer auftreten,  
auf Ablagerungen auf den Düsen der Einspritzventile (8) bzw.  
auf eine Verkokung der Einspritzventile (8) geschlossen  
35 wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch kennzeichnet,  
dass zur Reinigung des Brennraums (4) eine klopfende  
Verbrennung herbeigeführt und/oder eine  
5 Reinigungsflüssigkeit der angesaugten Verbrennungsluft  
zugesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch kennzeichnet, dass als  
Reinigungsflüssigkeit Wasser verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4) für eine  
vorbestimmte Zeitdauer durchgeführt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4) so lange  
durchgeführt werden, bis keine Ablagerungen im Brennraum (4)  
mehr erkannt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4),  
insbesondere die klopfende Verbrennung nur solange  
durchgeführt werden, wie keine Schädigung der  
Brennkraftmaschine (1) zu erwarten ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4)  
vorbeugend in vorbestimmten Zeitintervallen für eine  
vorbestimmte Zeitdauer durchgeführt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1 in Verbindung mit einer  
direkteinspritzenden Brennkraftmaschine (1), bei dem  
Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer  
Ansaugphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer  
35 Kompressionsphase mit Hilfe von Einspritzventilen (8) direkt

in Brennräume (4) der Brennkraftmaschine (1) gespritzt wird und bei dem fortlaufend eine Aussetzererkennung durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erkennen von Aussetzern während des Betriebs der Brennkraftmaschine (1) in der ersten Betriebsart, anschließend in die zweite Betriebsart umgeschaltet wird und wenn in der zweiten Betriebsart auch Aussetzer auftreten, auf einen allgemeinen Fehler geschlossen wird und weitere Diagnoseverfahren zum Eingrenzen der Fehlerursachen gestartet werden.

10. Verfahren nach wenigstens Anspruch 1, gekennzeichnet durch seine Anwendung bei einer Diesel-Brennkraftmaschine.

11. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte von jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät, ausgeführt wird.

12. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Mittel vorhanden sind, die Ablagerungen im Brennraum (4) erkennen und daraufhin gezielt Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4) einleiten.

13. Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit Mitteln, um Kraftstoff in einen Brennraum (4) zu leiten und dort zu verbrennen, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorhanden sind, mit denen über die Wirkungsüberwachung einer Zylindergleichstellung und/oder über eine Aussetzererkennung auf Ablagerungen im Brennraum (4) geschlossen werden kann und im Folgenden gezielt Maßnahmen zur Reinigung des Brennraums (4) eingeleitet werden können.



14. Steuergerät (16) für eine Brennkraftmaschine,  
insbesondere eines Kraftfahrzeugs, dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel zur Durchführung der Schritte des Verfahrens  
nach wenigstens einem der Ansprüche von 1 bis 10 vorhanden  
sind.

Fig. 1

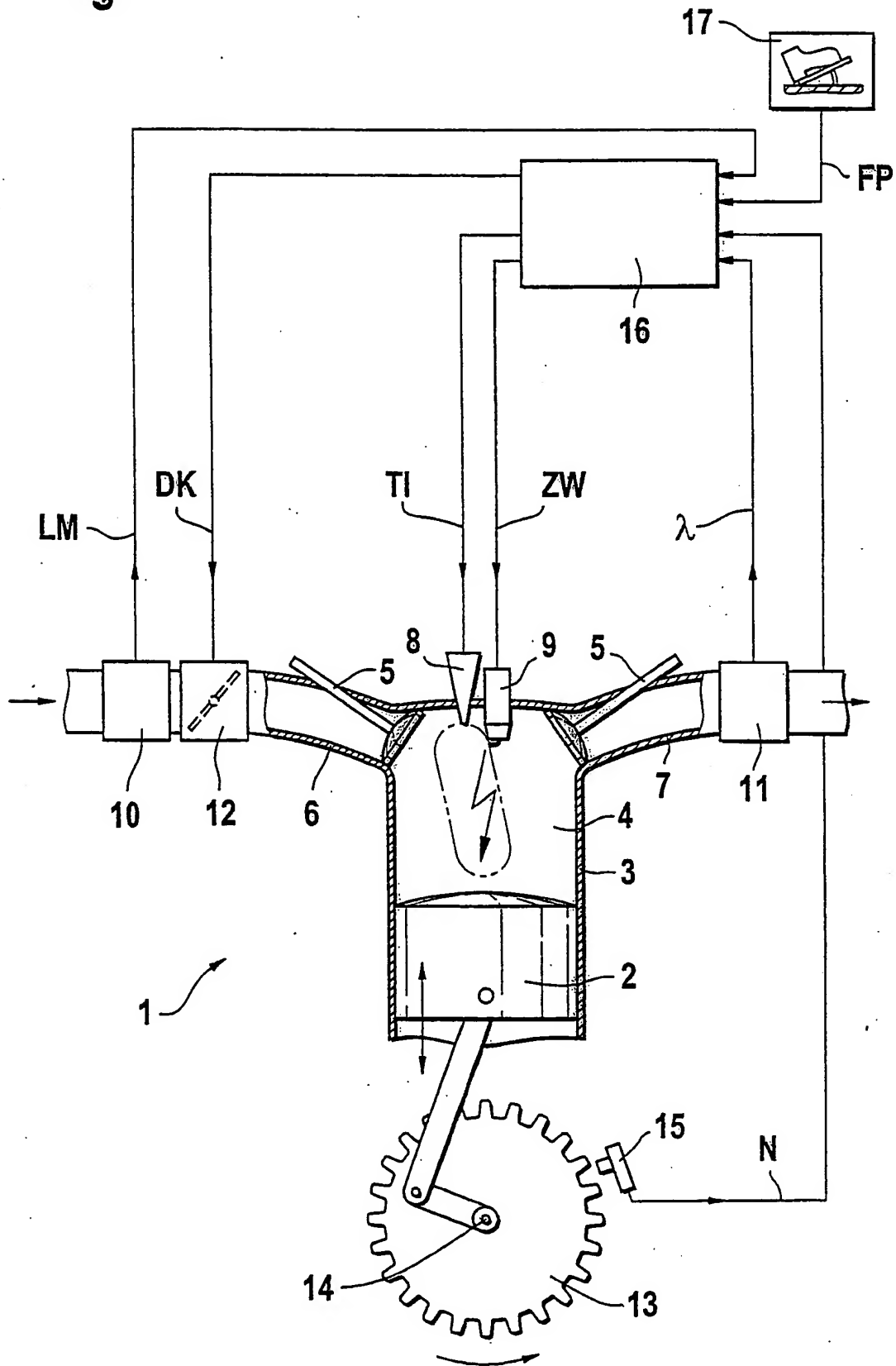


Fig. 2

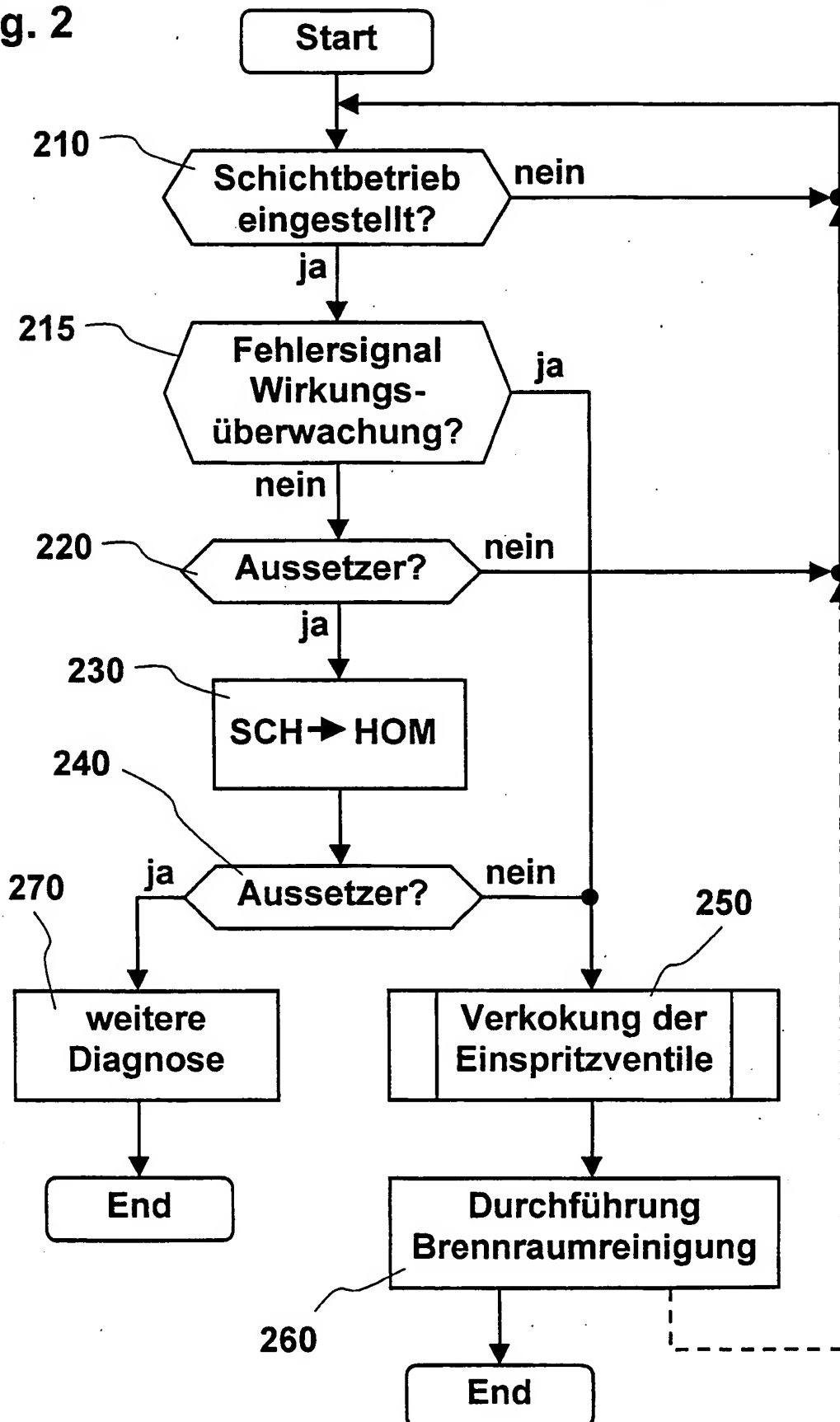


Fig. 3

